

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРОДНОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ СТАЛИ 70 С ЦИНКОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Мерсон Е.Д., Полуянов В.А.

Руководитель: профессор, д.ф-м.н. Мерсон Д.Л.

ТГУ, г. Тольятти

Taudrumz@yandex.ru

Проблема наводороживания металлов и сплавов привлекает внимание многих учёных. Большой интерес к этой проблеме вызван тем, что в результате наводороживания, как правило, происходит негативное изменение физических, химических и особенно механических свойств металлов, таких как: длительная прочность, пластичность, ударная вязкость, выносливость и т.п.

Одним из наиболее распространенных технологических процессов, вызывающих интенсивное наводороживание, является электроосаждение металлов, в частности цинка. Операция обезводороживания (выдержка в печи при относительно невысоких температурах) наряду с положительным эффектом (снижение содержания водорода) может вызывать нарушение сплошности покрытия.

Как в отечественной, так и в зарубежной практике до сих пор не существует научно обоснованных рекомендаций по длительности и температуре обезводороживания после гальванического цинкования в зависимости от толщины стального изделия, содержания углерода, примесей и других факторов. Как следствие, нередкие поломки оцинкованных стальных изделий (особенно пружинных) в процессе эксплуатации.

Известно, что эффект водородного охрупчивания наиболее ярко проявляется при низких скоростях деформации и вызывает характерные изменения параметров акустической эмиссии.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния водорода на параметры АЭ, морфологию излома и механические свойства высокоуглеродистой стали в зависимости от толщины металла, скорости деформации и температурных режимов операции обезводороживания.

Для исследований были изготовлены плоские образцы стали 70 размером 20×120 мм разной толщины – $\delta = 0,5; 1,0; 1,5; 1,8; 2,5$ мм в различных состояниях: I – исходное перед цинкованием (закалка от температур 850÷860 °С, низкий отпуск от температур 200÷250 °С, выдержка 1 час и основной отпуск от температур 420÷460 °С, выдержка 2 часа, охлаждение на воздухе); II – после щелочного цинкования; III – после щелочного цинкования и термообработки ($190 \pm 10^\circ\text{C} \times 3$ часа в атмосфере воздуха, через 2 часа после цинкования); IV – после щелочного цинкования и термообработки ($250 \pm 10^\circ\text{C} \times 3$ часа в атмосфере воздуха, через 2 часа после цинкования).

Механические испытания образцов проводили по схеме трехточечного изгиба на разрывной машине 1231У-10. Испытание прекращали после прохождения макротрещины через всю ширину образца. В целях обеспечения

одинаковых условий нагружения (скорости деформации в упругой области) был произведён расчёт необходимых скоростей нагружения.

Параллельно с механическими испытаниями с помощью аппаратуры «ЭЯ-2» в комплекте с широкополосным датчиком MSAE-400 регистрировали сигналы акустической эмиссии. Кроме того, проводили макроскопическое исследование магистральной трещины, фрактографическое исследование поверхности излома и металлографическое исследование микроструктуры.

В качестве характеристики пластичности при испытаниях на трехточечный изгиб была выбрана величина максимального прогиба до разрушения δ_{\max} (образования на поверхности магистральной трещины). Как и ожидалось, эта характеристика оказалась наименее чувствительна к скорости нагружения для образцов без покрытия, и наиболее чувствительна для образцов с покрытием без обезводороживания (рис.1). Даже после обезводороживания δ_{\max} сильно зависит от скорости деформации (рис.1), что свидетельствует о достаточно большом остаточном содержании в нем диффузионно-подвижного водорода.

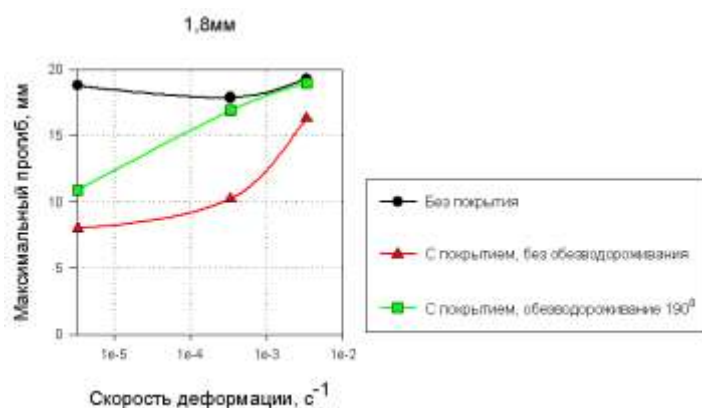


Рис.1. Зависимости максимального прогиба от скорости деформации для образцов стали 70 толщиной 1,8мм

Как показали исследования акустической эмиссии, количество зарегистрированных сигналов в образцах с покрытием (без обезводороживания) существенно превосходит, чем в других случаях. Это свидетельствует о том, что процессы трещинообразования в образцах с покрытиями идут намного интенсивнее, чем без покрытия. Однако, оказалось, что спектральная плотность большинства сигналов АЭ при данной скорости деформации для всех исследованных толщин металла практически не зависит от типа образца. И, наоборот, для всех типов образцов форма спектральной плотности сигналов АЭ сильно и одинаково зависит от скорости деформации.

Аналогичные результаты получены и при исследовании вида магистральной трещины на поверхности. Независимо от типа образца при максимальной скорости деформации магистральная трещина развивалась по вязкому механизму разрушения, а при минимальной – по хрупкому, при средней скорости деформации магистральная трещина имела переходный вид между указанными состояниями.

На данном этапе работы фрактографическое исследование было проведено только для изломов образцов разрушенных при высокой скорости нагружения и

показала, что в обоих случаях (и в образце с покрытием, и в образце без покрытия) наблюдается схожая структура излома. Характер изломов преимущественно вязкий, о чем свидетельствует ямочный рельеф поверхности, что так же согласуется с результатами механических испытаний и исследования вида магистральных трещин. Видно, что по всей плоскости излома на обоих образцах наблюдается большое количество дефектов овальной формы, средний размер которых составляет приблизительно 10 мкм. Предположительно это сульфиды вокруг, которых скапливается водород, образуя вдоль них микротрещины. В последствие, в процессе нагружения образца эти трещины начинают соединяться между собой, образуя своеобразные ступеньки. При достижении критического напряжения эти ступеньки соединяются между собой, перерастая в магистральную трещину, что приводит к разрушению образца.

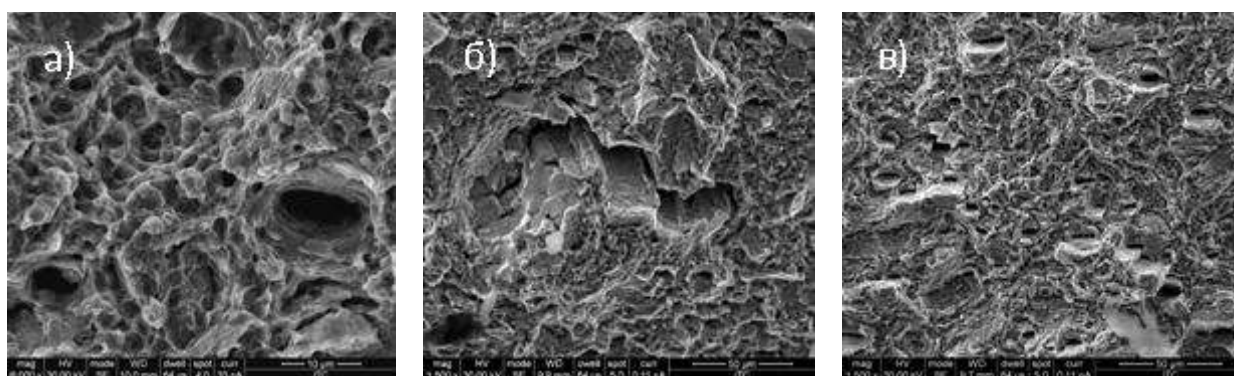


Рис 2. Фрактография изломов образцов разрушенных при высоких скоростях: а) без покрытия б) с покрытием без обезводороживания в) с обезводороживанием 190⁰.

На основании этих данных можно сделать вывод, что независимо от состояния материала (без покрытия, с покрытием без обезводороживания или с обезводороживанием) механизм разрушения определяется только скоростью деформирования. То есть даже в образце без покрытия содержание водорода настолько велико, что уже в нем проявляется скоростная чувствительность. Увеличение же содержания водорода, связанное с операцией цинкования, принципиально механизмы разрушения не изменяет, а просто интенсифицируют эти процессы.